

EKU

日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

PCT/JPGG/06049  
05.10.00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

1999年10月15日

出願番号  
Application Number:

平成11年特許願第294431号

出願人  
Applicant(s):

花王株式会社

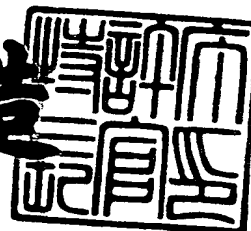
REC'D 28 NOV 2000	
WIPO	PCT

PRIORITY  
DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年11月10日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3092567

【書類名】 特許願  
 【整理番号】 P99-967  
 【提出日】 平成11年10月15日  
 【あて先】 特許庁長官殿  
 【国際特許分類】 A61B 5/05  
 【発明の名称】 体脂肪測定方法及びその装置  
 【請求項の数】 13

【発明者】

【住所又は居所】 栃木県芳賀郡市貝町赤羽 2 6 0 6 番地 花王株式会社研  
 究所内

【氏名】 恩田 智彦

【発明者】

【住所又は居所】 栃木県芳賀郡市貝町赤羽 2 6 0 6 番地 花王株式会社研  
 究所内

【氏名】 福原 正樹

【発明者】

【住所又は居所】 栃木県芳賀郡市貝町赤羽 2 6 0 6 番地 花王株式会社研  
 究所内

【氏名】 槇 和男

【発明者】

【住所又は居所】 栃木県芳賀郡市貝町赤羽 2 6 0 6 番地 花王株式会社研  
 究所内

【氏名】 山口 亨

【特許出願人】

【識別番号】 000000918

【氏名又は名称】 花王株式会社

【代理人】

【識別番号】 100083806

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 秀和

【電話番号】 03-3504-3075

【選任した代理人】

【識別番号】 100068342

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 保男

【選任した代理人】

【識別番号】 100100712

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩▲崎▼ 幸邦

【選任した代理人】

【識別番号】 100087365

【弁理士】

【氏名又は名称】 栗原 彰

【選任した代理人】

【識別番号】 100079946

【弁理士】

【氏名又は名称】 横屋 赳夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100100929

【弁理士】

【氏名又は名称】 川又 澄雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100095500

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100101247

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 俊一

【選任した代理人】

【識別番号】 100098327

【弁理士】

【氏名又は名称】 高松 俊雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001982

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 体脂肪測定方法及びその装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被測定体の外周上に被測定体の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの電流用電極間に電流を流し、

前記二つの電流用電極の一方の電極の近傍に配置した第 1 測定用電極及び前記被測定体を挟んで前記二つの電流用電極と略対向する位置に配置した第 2 測定用電極の間に発生する第 1 電圧を測定し、

第 1 電圧に基づき前記被測定体の皮下脂肪の前記二つの電流用電極近傍における厚みを算出する体脂肪測定方法。

【請求項 2】 前記被測定体を略横断する方向に電流を流したときに発生する第 2 電圧を測定し、

第 2 電圧を用いて前記第 1 電圧を補正し、補正された第 1 電圧に基づき前記皮下脂肪の前記二つの電流用電極近傍における厚みを算出する請求項 1 記載の体脂肪測定方法。

【請求項 3】 被測定体の外周上に被測定体の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの電流用電極間に電流を流し、

前記二つの電流用電極のそれぞれの電極近傍に一つずつ配置した測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定し、

前記被測定体を略横断する方向に電流を流したときに発生する第 2 電圧を測定し、

第 2 電圧を用いて前記第 1 電圧を補正し、補正された第 1 電圧に基づき前記被測定体の皮下脂肪の前記二つの電流用電極近傍における厚みを算出する体脂肪測定方法。

【請求項 4】 被測定体の外周上に配置された複数の電極の内の、相互間距離が被測定体の外周長に比べ十分に短い二つの電極を二つの電流用電極として順次選択し、選択された二つの電流用電極の一方の電極の近傍に配置された電極及び前記被測定体を挟んで前記二つの電流用電極と略対向する位置に配置された電極を二つの測定用電極として順次選択し、

順次選択される前記二つの電流用電極間に電流を流し、

順次選択される前記二つの測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定し、

複数の第 1 電圧に基づき前記被測定体の皮下脂肪量を算出する体脂肪測定方法

。 【請求項 5】 被測定体の外周上に配置された複数の電極の内の、相互間距離が被測定体の外周長に比べ十分に短い二つの電極を二つの電流用電極として順次選択し、選択された二つの電流用電極のそれぞれの電極近傍に一つずつ配置した電極を二つの測定用電極として順次選択し、

順次選択される前記二つの電流用電極間に電流を流し、

順次選択される前記二つの測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定し、

前記被測定体を略横断する方向に電流を流したときに発生する第 2 電圧を順次測定し、

複数の第 2 電圧を用いて複数の第 1 電圧を補正し、補正された複数個の第 1 電圧に基づき前記被測定体の皮下脂肪量を算出する体脂肪測定方法。

【請求項 6】 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極間に電流を流し、

前記被測定体の外周上で前記二つの電流用電極間の略中間の位置に、前記被測定体の外周長に比べて十分に距離を短くして二つの測定用電極を配置し、

前記二つの測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定し、

第 1 電圧に基づき前記被測定体の内臓脂肪量を算出する体脂肪測定方法。

【請求項 7】 被測定体の外周上に配置された複数の電極の内の二つの電極を二つの電流用電極として前記被測定体を挟んで略対向するように順次選択し、

前記被測定体の外周上で且つ選択された二つの電流用電極の略中間の位置に外周長に比べ十分に距離を短くして配置された二つの電極を二つの測定用電極として順次選択し、

順次選択される前記二つの電流用電極間に電流を流し、

順次選択される前記二つの測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定し、

複数の第 1 電圧に基づき前記被測定体の内臓脂肪量を算出する体脂肪測定方法

【請求項 8】 被測定体の外周上に被測定体の外周長に比べて十分に距離を短くして配置された二つの電流用電極と、

この二つの電流用電極の一方の電極の近傍に配置した第 1 測定用電極及び前記被測定体を挟んで前記二つの電流用電極と略対向する位置に配置した第 2 測定用電極と、

前記二つの電流用電極間に電流を流し、前記第 1 及び第 2 測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定する測定手段と、

この測定手段で測定された第 1 電圧に基づき前記被測定体の皮下脂肪の前記二つの電流用電極近傍における厚みを算出する体脂肪算出手段と、  
を備える体脂肪測定装置。

【請求項 9】 被測定体の外周上に被測定体の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの電流用電極と、

二つの電流用電極のそれぞれの電極近傍に一つずつ配置した測定用電極と、

前記二つの電流用電極間に電流を流し、前記測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定し、前記被測定体を略横断する方向に電流を流したときに発生する第 2 電圧を測定する測定手段と、

この測定手段で測定された第 2 電圧を用いて前記第 1 電圧を補正し、補正された第 1 電圧に基づき前記被測定体の皮下脂肪の前記二つの電流用電極近傍における厚みを算出する体脂肪算出手段と、  
を備える体脂肪測定装置。

【請求項 10】 被測定体の外周上に配置された複数の電極の内の、相互間距離が被測定体の外周長に比べ十分に短い二つの電極を二つの電流用電極として順次選択し、選択された二つの電流用電極の一方の電極の近傍に配置された電極及び前記被測定体を挟んで前記二つの電流用電極と略対向する位置に配置された電極を二つの測定用電極として順次選択する選択手段と、

この選択手段で順次選択される前記二つの電流用電極間に電流を流し、前記選択手段で順次選択される前記二つの測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定する測定手段と、

この測定手段で測定された複数の第 1 電圧に基づき前記被測定体の皮下脂肪量

を算出する体脂肪算出手段と、  
を備える体脂肪測定装置。

【請求項 1 1】 被測定体の外周上に配置された複数の電極の内の、相互間距離が被測定体の外周長に比べ十分に短い二つの電極を二つの電流用電極として順次選択し、選択された二つの電流用電極のそれぞれの電極近傍に一つずつ配置した電極を二つの測定用電極として順次選択する選択手段と、

この選択手段で順次選択される前記二つの電流用電極間に電流を流し、前記電極選択手段で順次選択される前記二つの測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定し、前記被測定体を略横断する方向に電流を流したときに発生する第 2 電圧を順次測定する測定手段と、

この測定手段で測定された複数の第 2 電圧を用いて複数の第 1 電圧を補正し、補正された複数の第 1 電圧に基づき前記被測定体の皮下脂肪量を算出する体脂肪算出手段と、

を備える体脂肪測定装置。

【請求項 1 2】 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置された二つの電流用電極と、

前記被測定体の外周上で前記二つの電流用電極間の略中間の位置に、前記被測定体の外周長に比べて十分に距離を短くして配置した二つの測定用電極と、

前記二つの電流用電極間に電流を流し、前記二つの測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定する測定手段と、

この測定手段で測定された第 1 電圧に基づき前記被測定体の内臓脂肪量を算出する体脂肪算出手段と、

を備える体脂肪測定装置。

【請求項 1 3】 被測定体の外周上に配置された複数の電極の内の二つの電極を二つの電流用電極として前記被測定体を挟んで略対向するように順次選択し、前記被測定体の外周上で且つ選択された二つの電流用電極の略中間の位置に外周長に比べ十分に距離を短くして配置された二つの電極を二つの測定用電極として順次選択する選択手段と、

この選択手段で順次選択される前記二つの電流用電極間に電流を流し、前記選



択手段で順次選択される前記二つの測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定する測定手段と、

この測定手段で測定された複数の第 1 電圧に基づき前記被測定体に存在する内臓脂肪量を算出する体脂肪算出手段と、  
を備える体脂肪測定装置。

# 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

### 【発明の属する技術分野】

本発明は、人体の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪、及び人体の内部に存在する内臓脂肪を簡便且つ高精度で測定する体脂肪測定方法及びその装置に関する。

## 【0002】

### 【従来の技術】

媒体の電気インピーダンスの違いを利用して、三次元物体中の媒体の空間分布を導出する方法として、測定対象の物体に電流を印加し、物体の表面上に誘起した電位分布から物体の内部のインピーダンス分布を画像化するインピーダンスCT法が知られている。この技術は、生体中の血液、肺、脂肪等の分布の測定に応用されつつある（日本ME学会BME Vol.8, No.8(1994)p.49）。

## 【0003】

インピーダンスCT法の外、電気インピーダンスの測定によって皮下脂肪量並びに内臓脂肪量を測定する装置として、特開平 1 1 - 1 1 3 8 7 0 号公報に記載された体脂肪測定装置（従来技術 1）や特開平 1 1 - 1 2 3 1 8 2 号公報に記載された体内脂肪計（従来技術 2）がある。従来技術 1 に記載の体脂肪測定装置は、複数の電極を体表面に装着し、電極間のインピーダンスを計測し電極装着部位断面のインピーダンス行列を生成し、演算手段が入力手段からの装着部位情報に応じた係数行列との積を求めて対象断面の体脂肪分布を算出している。また、従来技術 2 に記載の体内脂肪計は、被験者の腹部の周囲に巻き付けた巻帯の内側に略等間隔でそれぞれ電流路形成電極及び計測用電極を有する電極対を設け、選択した 2 つの電極対の電流路形成電極間に交流を流して電流路を形成し、計測用電

極は、形成された電流路におけるインピーダンスを計測する。2つの電極対を適宜選択することで、隣接する電極対間では主として測定部位の皮下脂肪を計測し、対向する電極間では主として測定部位の内臓脂肪を計測している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

インピーダンスCT法を体脂肪測定に応用した装置では、体表面に誘起された電位から体内の脂肪分布を推定できる空間分解能が十分でないため、体脂肪量の定量的算出が難しく、しかも、その算出に大規模な数値計算が必要であった。

【0005】

従来技術1の体脂肪測定装置は、装着部位に応じた係数行列の具体的生成方法及びインピーダンス行列と係数行列との積から対象断面の体脂肪分布画像を生成する具体的方法に関する記載が無い。

【0006】

従来技術2の体内脂肪計は、測定部位の皮下脂肪量を測定できるが、測定量には、人体の内部に存在する他の媒体の量や分布の影響が含まれ、精度が不十分であった。また、人体内部の内臓脂肪を測定しようとしても、人体の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪の影響が非常に大きく内臓脂肪量を十分な精度で測定できなかった。

【0007】

本発明は、被測定媒体を人体中のある決められた脂肪の特定の分布に限定し、且つインピーダンス行列の中の少数の特定成分のみを用いることにより、簡便且つ高精度に、人体の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪の厚み、断面積又は体積等の皮下脂肪量や人体の内部に存在する内臓脂肪量を測定することができる体脂肪測定方法及びその装置を提供することを課題とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために、本発明の体脂肪測定方法は、被測定体の外周上に被測定体の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの電流用電極間に電流を流し、二つの電流用電極の一方の電極の近傍に配置した第1測定用電極及び

被測定体を挟んで二つの電流用電極と略対向する位置に配置した第 2 測定用電極の間に発生する第 1 電圧を測定し、第 1 電圧に基づき被測定体の皮下脂肪の二つの電流用電極近傍における厚みを算出する。

#### 【0009】

また、被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置された二つの電流用電極間に電流を流し、被測定体の外周上で二つの電流用電極間の略中間の位置に、被測定体の外周長に比べて十分に距離を短くして二つの測定用電極を配置し、二つの測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定し、第 1 電圧に基づき被測定体の内臓脂肪量を算出する。

#### 【0010】

なお、本発明では、被測定体の内部に存在する脂肪量のことを便宜上総称して内臓脂肪量と呼び、それは内臓周囲に付着した本来の内臓脂肪量その他、肝脂肪など体内に存在する脂肪一般の量をさすものとする。

#### 【0011】

##### 【発明の実施の形態】

##### （第 1 の実施の形態）

第 1 の実施の形態の体脂肪測定方法及びその装置では、人体の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪の厚み、面積、体積、重量等の皮下脂肪量を測定する。

#### 【0012】

図 1 に示す第 1 の実施の形態の第 1 実施例の体脂肪測定装置は、被測定体である人体 1 の例えば腹部の外周上に、該人体 1 の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの電流用電極 2, 3 と、二つの電流用電極 2, 3 間に電流を流すための電流源 4 と、電極 2 の近傍に配置した第 1 測定用電極 5 と、人体 1 を挟んで電流用電極 2, 3 と略反対側の位置に配置した第 2 測定用電極 11 と、測定用電極 5 - 11 間に発生した電圧を測定する電圧計 7 と、電圧計 7 で測定された電圧値に基づき人体 1 の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪 8 の厚みを算出する体脂肪算出部 25 とを備える。人体 1 は、被測定媒体である皮下脂肪 8、皮下脂肪 8 とはインピーダンスが異なる筋肉等の非脂肪 9、非脂肪 9 とはインピーダンスが異なる内臓脂肪 10 からなる。体脂肪算出部 25 は、コンピュータで構成する

## 【0013】

次に、本装置を用いた体脂肪測定方法を説明する。まず、人体1の外周上に、該人体1の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した電極2-3間に電流を流し、電極2近傍に配置した第1測定電極5及び人体1を挟んで電流用電極2, 3と略反対側の位置に配置した第2測定用電極11の間に発生した電圧を電圧計7で測定し、体脂肪算出部25が測定された電圧値に基づいて人体1の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪8の厚みを算出する。

## 【0014】

ここで、電極2から電極3に電流が流れているときの、人体1の外周に誘起される電位分布（の瞬時値）の概略を図2に示す。電極11近傍では、電位の空間変化率は小さくなるため、電極11の位置が多少ずれても、電圧計7で測定される電圧値の変動は少ない。しかも、電圧値は人体1の内部に存在する非脂肪9、内臓脂肪10の量や分布にほとんど影響されないので、電流用電極2, 3近傍における皮下脂肪8の厚みを簡便且つ高精度で測定できる。

## 【0015】

なお、電流源4は直流電源、交流電源の何れでも良い。電流源4が交流電源である場合、電圧計7での電圧値（電圧の振幅あるいは実効値）の測定の際に位相遅れを同時に測定してもよく、その場合、測定した位相遅れをデータ解析に利用できる。人体の測定では、扱いやすさの観点から交流であることが好ましく、周波数は、通常10kHz～500kHzを用いることができ、特に50kHz～200kHzを用いるのが好ましい。

## 【0016】

皮下脂肪8の電流用電極2, 3近傍での厚み $d$ を算出するために、電圧値 $V$ （あるいは複素電圧）と皮下脂肪8の厚み $d$ とを関係付ける相関式を予め作成しておく。具体的には、同じ媒体で構成されているが、厚み $d$ の異なる複数のサンプルを用意し、それらに対して図1の方法で測定した電圧値 $V$ と、実際の厚み $d$ の相関式を作成する。電圧 $V$ の測定では、全てのサンプルで流す電流を同一にするか、あるいは、サンプル毎に異なる電流量を流し得られた電圧値を同一の電流量

を流した時に発生する電圧値に換算する。また、実際の厚み  $d$  を測定する方法には、X線CT法やMRI法で得られた断層像から皮下脂肪の厚みを求める方法、あるいはサンプルが人体でない場合にはサンプルを機械的に切断しその切断面から直接厚みを測定する方法などがある。予め内部構造のわかっているサンプルを用いてもよい。あるいは、電気伝導の方程式をコンピュータで解いて、数値計算によって電圧値  $V$ （あるいは複素電圧）と皮下脂肪 8 の厚み  $d$  との相関式を求めることもできる。

## 【0017】

電圧値  $V$  と皮下脂肪 8 の厚み  $d$  の相関の例を図 3 に示す。図中の  $\times$  点は相関式作成用に用意されたサンプルのデータ点であり、破線はデータ点を最適フィッティングした相関式である。皮下脂肪の厚み  $d$  が厚くなると、電圧値  $V$  は皮下脂肪 8 のインピーダンスを反映する値  $V_8$  に収束し、厚み  $d$  が薄くなると、電圧値  $V$  は非脂肪 9 のインピーダンスを反映する値  $V_9$  に収束する。この相関を解析的な関数で近似的に表すには、ハイパーボリックタンジェント関数 ( $y = \tanh x$ ) を用いると良い。図 3 では、皮下脂肪 8 のインピーダンスが非脂肪 9 のインピーダンスよりも大きく、電圧  $V$  は厚み  $d$  の増加関数となっている。相関式が設定されれば、同じ媒体で構成されているが厚みが未知のサンプルに対して、電極 2 - 3 間に所定電流を流し、体脂肪算出部 25 により、電圧計 7 に表示される電圧値から相関式に従って皮下脂肪 8 の厚み  $d$  を算出できる。

## 【0018】

電流用電極 2 と電流用電極 3 との間の距離は、外周長の  $1/6$  未満であることが好ましく、 $1/8$  以下であることがさらに好ましい。電流用電極 2 - 3 間の距離が大きすぎると、多くの電流が人体内部にも流れ込み、測定電圧値  $V$  に非脂肪 9、内臓脂肪 10 の分布や量の影響が現れる。電流用電極 2 - 3 間の距離が小さすぎると、皮下脂肪 8 の厚みが厚い時には測定感度が悪くなり、しかも電極の形状やサイズの影響が測定電圧値  $V$  に現れて好ましくない。

## 【0019】

電流用電極の近傍に配置する測定用電極についても、電流用電極と測定用電極との距離を最適な範囲に設定することが好ましい。電流用電極と測定用電極の距

離があまり大きいと、非脂肪 9，内臓脂肪 10 の分布や量の影響が測定電圧値  $V$  に現れて好ましくない。また、図 4 に示すように皮下脂肪 8 の厚みが薄いサンプルに対して測定感度が悪くなる。距離があまり小さいと、図 4 に示すように皮下脂肪 8 の厚みが厚いサンプルに対して測定感度が悪くなり、また電極の形状やサイズあるいは電極と人体 1 との間の接触状態が測定電圧値  $V$  に影響して好ましくない。電流用電極と測定用電極との間の距離はおおむね、被測定サンプルにおける皮下脂肪 8 の平均厚みの 0.5 倍～3 倍にするのが好ましい。例えば、人体の胴回りにある 1～4 cm の厚みの皮下脂肪を測定する場合、電流用電極間の距離を 1 cm～15 cm にするのが好ましく、2 cm～10 cm にするのがさらに好ましい。電流用電極とその近傍に配置した測定用電極との距離は 0.6 cm～10 cm にするのが好ましく、1 cm～6 cm にするのがさらに好ましい。

#### 【0020】

相関式作成用のサンプル及び未知の厚み  $d$  をもつサンプルなどに対する一連のデータ測定では、人体の外周長等によらず、全てのサンプルに対して、電流用電極間距離及び電流用電極と測定用電極との間の距離を前記最適値に固定して測定するのが好ましい。また、サンプルの厚み  $d$  が薄いものから厚いものまで広範囲に拡がり、ある一つの固定された電極間距離では全ての厚みを測定しきれない場合は、電極間距離をいくつかの値に固定した複数の測定系を用意し、サンプルの厚み  $d$  に応じてそれらを使いわけながらサンプルを測定すればよい。

#### 【0021】

次に、第 2 実施例を説明する。図 5 に示す第 1 実施の形態の第 2 実施例の体脂肪測定装置は、図 1 に示す測定装置に図 5 に示す測定装置を追加した。図 5 に示す測定装置は、人体 1 内部に存在する内臓脂肪 10 を挟んで略対向して配置された二つの電流用電極 2，12 と、電流源 4 と、人体 1 の外周上で且つ電極 2 と電極 12 との略中間に配置した測定用電極 13，14 と、測定用電極 13－14 間に発生した電圧を測定する電圧計 15 と、電圧計 15 で測定された電圧値を用いて図 1 に示す電圧計 7 で測定された電圧値を補正し、補正された電圧値に基づいて皮下脂肪 8 の厚みを算出する体脂肪算出部 25 とを備える。体脂肪算出部 25 は、電流用電極 2 からあるいはその近傍から人体 1 を略横断する方向（電流用電

極 1 2 の方向) に電流を流したときに電圧計 1 5 に発生する電圧値を用いる。

#### 【0 0 2 2】

次に、体脂肪測定方法を説明する。まず、図 1 に示す測定装置において、人体 1 の外周上に人体 1 の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した電極 2 - 3 間に電流を流し、電極 2 の近傍に配置した第 1 測定用電極 5 及び人体 1 を挟んで電流用電極 2, 3 と略反対側の位置に配置した第 2 測定用電極 1 1 の間に発生した第 1 電圧を電圧計 7 で測定する。

#### 【0 0 2 3】

次に、図 5 に示す測定装置において、人体 1 内部に存在する内臓脂肪 1 0 を挟んで配置された二つの電流用電極 2 - 1 2 間に電流を流す。そして、測定用電極 1 3 - 1 4 間に発生した第 2 電圧を電圧計 1 5 で測定し、体脂肪算出部 2 5 は、電圧計 1 5 で測定された第 2 電圧値を用いて、電圧計 7 で測定された第 1 電圧値を補正し、補正された電圧値に基づいて皮下脂肪 8 の厚みを算出する。

#### 【0 0 2 4】

すなわち、電圧計 7 で測定された第 1 電圧値  $V$  には、人体 1 内部に存在する非脂肪 9 及び内臓脂肪 1 0 の分布や量の影響がわずかに含まれているが、電極 2, 1 2 による別の電流路に対して測定した第 2 電圧 (インピーダンス)  $V'$  を用いてその影響を除去できるので、皮下脂肪 8 の厚みの測定精度を向上できる。

#### 【0 0 2 5】

なお、皮下脂肪 8 の厚み  $d$  の補正方法としては、相関式を作成する際に、図 3 における縦軸を  $V + a' \cdot V'$  として、係数  $a'$  を最適に選択してよりよい相関を得る方法、あるいは、多変量解析の手法を用いて線形多項式で近似的に相関式を作成する場合には、 $d = a_0 + a_1 \cdot V + a' \cdot V'$  として、回帰係数  $a_0$ 、 $a_1$ 、 $a'$  を決定する方法がある。このような補正された相関式を作成しておけば、皮下脂肪 8 の厚み  $d$  の未知のサンプルに対して電圧  $V$  と  $V'$  を測定することにより、その相関式を介して高精度でサンプルの厚み  $d$  を測定できる。

#### 【0 0 2 6】

次に、第 3 実施例を説明する。図 6 に示す第 3 実施例の体脂肪測定装置は、図 6 (a) に示す測定装置と図 6 (b) に示す測定装置によって構成される。図 6

(a) に示す測定装置は、人体 1 の外周上に人体 1 の外周長に比べて十分に距離を短くして配置された二つの電流用電極 2, 3 と、電流源 4 と、電極 2, 3 の近傍に配置した測定用電極 5, 6 と、測定用電極 5 - 6 間に発生した電圧を測定する電圧計 7 と、測定された電圧値を入力する体脂肪算出部 2 5 とを備える。図 6

(b) に示す測定装置は図 6 に示す測定装置と同一であるので、その説明は省略する。また、第 1 実施例で説明した電圧値と厚みとの相関式、電流用電極間距離、電流用電極と測定用電極間の距離等の記載内容は、第 3 実施例に適用される。

#### 【0027】

次に、体脂肪測定方法を説明する。まず、図 6 (a) に示す測定装置において、人体 1 の外周上に二つの電流用電極 2, 3 を配置し、電極 2 - 3 間に電流を流し、二つの電流用電極 2, 3 の近傍に配置した二つの測定用電極 5 - 6 間に発生した第 1 電圧を電圧計 7 で測定する。電極 2 から電極 3 に電流が流れているときの、人体 1 の外周に誘起される電位分布の概略を図 2 に示す。

#### 【0028】

次に、図 6 (b) に示す測定装置において、人体 1 を挟んで略対向して配置された二つの電流用電極 2 - 1 2 間に電流を流し、測定用電極 1 3 - 1 4 間に発生した第 2 電圧を電圧計 1 5 で測定し、体脂肪算出部 2 5 は、電圧計 1 5 で測定された第 2 電圧値を用いて、電圧計 7 で測定された第 1 電圧値を補正し、補正された電圧値に基づいて、皮下脂肪 8 の厚みを算出する。第 3 実施例の体脂肪測定方法も第 2 実施例と同様な処理が行われ、第 2 実施例と同様な効果が得られる。

#### 【0029】

次に、第 4 実施例を説明する。図 7 に示す第 4 実施例の体脂肪測定装置は、複数の方向に順次電流を流しながら人体 1 の外周上の複数の点で皮下脂肪 8 の厚みを自動的に測定する。図 7 において、人体 1 の外周上には複数の電極 2 6 a ~ 2 6 h が配置され、複数の電極 2 6 a ~ 2 6 h は電流電極選択用スイッチ 2 7 及び電圧電極選択用スイッチ 2 8 に接続されている。

#### 【0030】

データ入力装置 3 3 から入力された電極選択用データをコンピュータ 3 5 からの指示で電流電極選択用スイッチ 2 7 に伝え、電流電極選択用スイッチ 2 7 によ



り、複数の電極 26a～26h のうちいずれか二つを電流用電極として選択する。交流発振器 29 の出力を電流・電圧変換器 30 により変換して印加することで、電流用電極間に所定の電流を流すことができる。

#### 【0031】

コンピュータ 35 の指示に従って電圧電極選択スイッチ 28 により残りの電極から選択した測定用電極間の電圧値を差動増幅器 31 及び A/D 変換器 32 を介してコンピュータ 35 に取り込む。以上の処理を、コンピュータ 35 の指示に従って電流用電極を順次選択しながら繰り返す。コンピュータ 35 に取り込まれた電圧データは標準電流を流した時に発生する電圧値に変換された後、予めデータ入力装置 33 から入力されていた電圧と皮下脂肪 8 の厚み  $d$  との相関式に当てはめられ、皮下脂肪 8 の厚み  $d$  が求められる。厚み  $d$  はコンピュータ 35 からデータ出力装置 34 に送られ、表示される。

#### 【0032】

ここで、複数の電極 26a～26h に対して、図 1 に示すような電流用電極及び測定用電極の配置となるように順次電流用電極を選択すれば、人体 1 の外周上の複数の点における皮下脂肪 8 の厚みを高精度で測定できる。皮下脂肪 8 の厚み測定を人体 1 の断面に沿った外周の複数点で行い、別に測定した人体 1 の外周形状のデータと皮下脂肪 8 の各厚みのデータと組み合わせることで、コンピュータ 35 によって、人体 1 の該断面における皮下脂肪 8 のおおよその断面像を得ることもできる。図 8 に、人体 1 の外周上の 9ヶ所の点で行った厚み測定結果  $d_1$ ,  $d_2$ , …  $d_9$  を用いて、皮下脂肪 8 の断面像を得た例を示す。

#### 【0033】

また、コンピュータ 35 によって、人体 1 の所定断面上での皮下脂肪 8 の断面積  $S$  を求めることもできる。この場合、電圧値  $V$  と皮下脂肪 8 の断面積  $S$  とを関係付ける相関式を作成する。人体 1 の外周上の 1箇所の電圧測定で断面積  $S$  を粗い精度で算出することもできるが、所定断面の外周の  $n$ 箇所で電圧値  $V_1$ ,  $V_2$ , …  $V_n$  を測定し、それらと皮下脂肪 8 の断面積  $S$  との相関式を作成するのが好ましい。さらに、人体 1 の該断面における周長  $U$  を別に測定し、該周長  $U$  も相関式に取り込めば、さらに良好な相関式が得られる。

## 【 0 0 3 4 】

電圧値の組 ( $V_1, V_2, \dots, V_n$ ) と断面積  $S$  との相関式の作成は、電圧  $V$  と皮下脂肪 8 の厚み  $d$  との相関関係の作成と同様に行えばよい。人体 1 中の皮下脂肪 8 の断面積  $S$  を求める方法として、X 線 CT 法や MRI 法で得られた断層像から求める方法、あるいはサンプルが人体でない場合にはサンプルを機械的に切断しその断面から測定する方法などがある。多変量解析などを用いて線形多項式で近似して表す際の相関式は  $S = a_0 + a_1 \cdot V_1 + a_2 \cdot V_2 + \dots + a_n \cdot V_n$  などとなる。ここで、 $a_0, a_1, a_2 \dots a_n$  は回帰係数である。あるいは、周長  $U$  を相関式に取り込んだ場合、相関式は  $S = a_0 + a_1 \cdot V_1 + a_2 \cdot V_2 + \dots + a_n \cdot V_n + b \cdot U$  などとなる。 $b$  は回帰係数である。この相関式を設定することで、未知のサンプルに対して測定された電圧値の組 ( $V_1, V_2, \dots, V_n$ ) あるいは電圧値と周長の組 ( $V_1, V_2, V_n, U$ ) から、皮下脂肪 8 の断面積  $S$  を算出できる。

## 【 0 0 3 5 】

また、皮下脂肪 8 の体積  $B$  を求めることもできる。この場合、人体 1 の外表面上の複数の箇所の電圧値  $V_1, V_2, \dots, V_n$  ( $n$ : 自然数) を測定し、測定された複数の電圧値と皮下脂肪 8 の体積  $B$  との相関式を作成する。人体 1 の周長  $U$  及び／又は体重  $B_0$  を別に測定し、該周長  $U$  及び／又は体重  $B_0$  をも相関式に取り込めば、さらに良好な相関式が得られる。皮下脂肪 8 の体積としては、人体の腹部あるいは大腿部や上腕に含まれる体積などが例示される。いずれの場合も、被測定部分の外周表面に電極を配置して測定を行う。

## 【 0 0 3 6 】

電圧値の組 ( $V_1, V_2, \dots, V_n$ ) と体積  $B$  との相関式の作成は、電圧  $V$  と皮下脂肪 8 の厚み  $d$  との相関式の作成と同様に行えばよい。人体 1 中の皮下脂肪 8 の体積  $B$  を測定する方法として、X 線 CT 法や MRI 法を用いる方法がある。多変量解析などを用いて線形多項式で近似して表す際の相関式は  $B = a_0 + a_1 \cdot V_1 + a_2 \cdot V_2 + \dots + a_n \cdot V_n$  などとなる。ここで、 $a_0, a_1, a_2 \dots a_n$  は回帰係数である。あるいは、周長  $U$  を相関式に取り込んだ場合には、相関式は  $B = a_0 + a_1 \cdot V_1 + a_2 \cdot V_2 + \dots + a_n \cdot V_n + b \cdot U$ 、人体 1 の体重

$B_0$  を相関式に取り込んだ場合、相関式は  $B = a_0 + a_1 \cdot V_1 + a_2 \cdot V_2 + \dots + a_n \cdot V_n + b \cdot B_0$  などとなる。 $b$  は回帰係数である。相関式が設定されれば、未知のサンプルに対して測定された電圧値の組 ( $V_1, V_2, \dots, V_n$ ) あるいは電圧値と周長の組 ( $V_1, V_2, \dots, V_n, U$ ) あるいは電圧値と人体 1 の体重の組 ( $V_1, V_2, \dots, V_n, B_0$ ) から、相関式に従って皮下脂肪 8 の体積  $B$  を算出できる。また、皮下脂肪の体積のかわりに重量を算出することもできる。

#### 【0037】

複数の電極 26 a ~ 26 h に対して、図 1 及び図 5 に示すような電流用電極及び測定用電極の配置関係となるように選択することもできる。すなわち、二つの電流用電極 26 a, 26 b 及び二つの測定用電極 26 h, 26 e を選択し、その後二つの電流用電極 26 a, 26 e 及び二つの測定用電極 26 h, 26 g を選択すれば、電極 26 a, 26 b 間の皮下脂肪 8 の厚みが高精度で得られる。電流用電極を順次選択しながら繰り返すことにより、人体 1 の外周上の複数の点における皮下脂肪 8 の厚みが高精度で得られる。

#### 【0038】

また、複数の電極 26 a ~ 26 h に対して、図 6 (a) 及び図 6 (b) に示すような電流用電極及び測定用電極の配置関係となるように選択しても良い。すなわち、二つの電流用電極 26 a, 26 b 及び二つの測定用電極 26 h, 26 c を選択し、その後二つの電流用電極 26 a, 26 e 及び二つの測定用電極 26 h, 26 g を選択すれば、電極 26 a, 26 b 間の皮下脂肪 8 の厚みが高精度で得られ、電流用電極を順次選択しながら繰り返すことにより、人体 1 の外周上の複数の点における皮下脂肪 8 の厚みが高精度で得られる。すなわち、電圧値を補正することにより、人体 1 内部に存在する非脂肪 9, 内臓脂肪 10 の量や分布の影響を除去し、人体 1 の皮下脂肪 8 の厚みや断面積や体積を高精度で測定できる。

#### 【0039】

第 1 乃至第 4 の実施例において、複数の電流周波数で測定を行って、それらの測定結果を比較することで、測定結果の信頼性が高まる。

#### 【0040】

## (第 2 の実施の形態)

第 2 の実施の形態の体脂肪測定方法及びその装置は、人体の内部に存在する内臓脂肪量を測定する。

## 【 0 0 4 1 】

図 9 に示す第 1 実施例の体脂肪測定装置は、人体 1 の外周上に人体 1 を挟んで略対向して配置された二つの電流用電極 2, 3 と、電流源 4 と、人体 1 の外周上で二つの電流用電極 2 - 3 間の略中間の位置に、外周長に比べ十分に距離を短くして配置された二つの測定用電極 5, 6 と、二つの測定用電極 5 - 6 間に発生する電圧  $V$  を測定する電圧計 7 と、電圧計 7 で測定された電圧値に基づいて人体 1 内部に存在する内臓脂肪 10 の量を算出する体脂肪算出部 25 とを備える。なお、図 10 に示すように、測定用電極 5', 6' を、図 9 に示す電圧測定用電極 5, 6 とは左右反対の位置に配置して、電圧を測定してもよい。電流用電極 2, 3 の人体上の位置は、例えばそれぞれ腹部と背中にできる。

## 【 0 0 4 2 】

次に、体脂肪測定方法を説明する。まず、人体 1 の外周上に人体 1 を挟んで略対向して配置した電流用電極 2 - 3 間に電流を流し、人体 1 の外周上で二つの電流用電極間 2 - 3 の略中間の位置に、外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの測定用電極 5 - 6 間に発生する電圧  $V$  を電圧計 7 で測定し、体脂肪算出部 25 は、電圧計 7 で測定された電圧値  $V$  に基づいて内臓脂肪 10 の量  $m$  を算出する。

## 【 0 0 4 3 】

ここで、電極 2 から電極 3 に電流が流れているときの、人体 1 の外周に誘起される電位分布（瞬時値）の概略を図 11 に示す。電極 5, 6 近傍あるいは電極 5', 6' 近傍では電位の空間変化率は小さくなるが、該電極近傍での電位の変化量あるいは電位の空間変化率（傾き）は、内臓脂肪 10 の量と強く相関している。すなわち、電位の空間変化率が大きい場合、内臓脂肪 10 の量が多く、電位の空間変化率が小さい場合、内臓脂肪 10 の量が少ない。また、その電位の変化量や空間変化率は、人体 1 の外周近傍に存在する皮下脂肪 8 の分布や量にほとんど影響されない。このため、人体 1 の外周近傍に存在する皮下脂肪 8 の分布や量に

ほとんど影響されず、内臓脂肪 10 の量  $m$  を簡便且つ高精度に算出できる。

【0044】

なお、図 9 及び図 10 において、電流源 4 は直流電源、交流電源の何れでも良い。人体の測定では、扱いやすさの観点から交流であることが好ましく、交流の周波数は、通常  $10\text{ kHz} \sim 500\text{ kHz}$  を用いることができ、特に  $50\text{ kHz} \sim 200\text{ kHz}$  を用いるのが好ましい。

【0045】

内臓脂肪 10 の量の定量的な算出のため、電圧値  $V$  と内臓脂肪 10 の量  $m$  を関係付ける相関式を予め作成する。具体的には、同じ媒体で構成されているが種々の量  $m$  をもつサンプルを複数用意し、それらに対して図 9 あるいは図 10 の方法で測定した電圧値  $V$  と、実際の内臓脂肪量  $m$  の相関式を作成する。電圧  $V$  の測定においては、全てのサンプルで流す電流を同一にするか、あるいは、サンプル毎に異なる電流量を流し、得られた電圧値を同一の電流量を流した時に発生する電圧値に換算する。実際の内臓脂肪量  $m$  を測定する方法として、X線 CT 法や MRI 法で得られた断層像から断面積や体積を求める方法、あるいは、サンプルが人体でない場合はサンプルを機械的に切断し直接的に断面積や体積を測定する方法などがある。あるいは、電気伝導の方程式をコンピュータで解いて、数値計算によって電圧値  $V$  と内臓脂肪 10 の量  $m$  との相関式を求めることもできる。

【0046】

内臓脂肪量  $m$  の表示法としては、内臓脂肪 10 の断面積や体積の他、人体 1 の全断面積に対する内臓脂肪 10 の断面積の比、又は、周囲の非脂肪 9 の断面積に対する内臓脂肪 10 の断面積の比などから最適なものを適宜選択できる。測定電圧値  $V$  と最も相関のよいものを実際の測定において選択すればよい。

【0047】

電圧値  $V$  と内臓脂肪 10 の量  $m$  との相関の一例を図 12 に示す。図中の  $\times$  点は相関式作成用に用意された各サンプルのデータ点であり、破線はデータ点を最適フィッティングした相関式である。図 12 では、内臓脂肪 10 のインピーダンスが非脂肪 9 のインピーダンスより大きく、電圧  $V$  は内臓脂肪量  $m$  の増加関数となっている。設定した相関式に従って、内臓脂肪量  $m$  が未知のサンプルに対し、電

圧計 7 に表示される電圧値から内臓脂肪量  $m$  を算出できる。

【 0 0 4 8 】

測定するサンプルの外周長がほぼ一定である場合、電極 5 と 6 の間（あるいは電極 5' と 6' の間）の距離  $L$  は一定に固定しておくのが良い。この際、電極間距離  $L$  が小さすぎると、電極 5 - 6 間（あるいは電極 5' - 6' 間）に十分な電位差が発生せず、測定感度上好ましくない。電極間距離  $L$  が大きすぎると、測定電圧  $V$  に、人体 1 の外周近傍に存在する皮下脂肪 8 の分布や量の影響が現れるため、電極間距離  $L$  は少なくとも外周長の  $1/6$  以下であることが好ましい。

【 0 0 4 9 】

測定するサンプルの外周長が様々である場合、電極 5 - 6 間（あるいは電極 5' - 6' 間）の距離  $L$  を外周長に比例させて変化させることで、サンプルの外周長の違いをキャンセルして内臓脂肪量  $m$  を測定できる。人体 1 全体が相似的に大きくなっても、一定電流を流す限り、図 1 1 に示す電位分布は不変であるという相似則がおよそ成立しているためである。すなわち、人体 1 の外周上の電位分布が  $V = g(x)$  である場合、相似的に  $\xi$  倍に大きくあるいは小さくなった人体 1' の外周上の電位分布はおよそ  $V = g(\xi x)$  となる。この時の内臓脂肪量  $m$  の値としては、内臓脂肪 10 の断面積や体積などの絶対値ではなく、人体 1 の全断面積に対する内臓脂肪 10 の断面積の比、又は、周囲の非脂肪 9 の断面積に対する内臓脂肪 10 の断面積の比などの相対値を選択することが好ましい。電極 5 - 6 間（あるいは電極 5' - 6' 間）の距離  $L$  を外周長に比例させて変化させる方法としては、ゴムなどの伸縮性材料からなるベルトに電極を固定し、ベルトを被測定サンプルの外周に沿って巻いたときのベルトの伸縮を利用する方法、あるいは、別に被測定サンプルの外周長を測定し、その情報をもとに機械的に電極間距離を変化させる方法などがある。

【 0 0 5 0 】

さらに、図 9 や図 1 0 に示す体脂肪測定装置は、サンプルの外周長及び電極 5 - 6 間の距離  $L$  のデータを入力するデータ入力装置 3 3 を備えた構成でも良い。このとき、体脂肪算出部 2 5 は、データ入力装置 3 3 からのサンプルの外周長及び電極 5 - 6 間の距離  $L$  のデータと電圧計 7 で測定された電圧値とに基づいて内

臓脂肪量  $m$  を算出する。すなわち、電圧値  $V$  そのものの代わりに、体脂肪算出部 25 は、値  $V \cdot U / L$  を用いて内臓脂肪量  $m$  を算出できる。ここで、 $U$  はサンプルの外周長、 $L$  は電極 5 - 6 間（あるいは電極 5' - 6' 間）の距離である。前記相似則により、サンプルの外周長の違いをキャンセルして内臓脂肪量  $m$  を正確に測定できる。しかも、測定の際に、電極間距離  $L$  をサンプルの外周長によらず一定値とでき、測定が簡便になる。この時の内臓脂肪量  $m$  の値としては、前述の如き相対値を選択することが好ましい。値  $V \cdot U / L$  と内臓脂肪 10 の量  $m$  との相関式の作成は、電圧  $V$  と内臓脂肪量  $m$  との相関式の作成と同様に行えばよい。値  $V \cdot U / L$  と内臓脂肪量  $m$  との相関関係の一例を図 13 に示す。図中の  $\times$  点は相関式作成用に用意したサンプルのデータ点、破線はデータ点を最適フィッティングした相関式である。設定された相関式に従って、内臓脂肪量  $m$  が未知のサンプルに対し、測定された値  $V \cdot U / L$  から内臓脂肪 10 の量  $m$  を算出できる。

#### 【0051】

図 14 に示す第 2 の実施の形態の第 2 実施例の体脂肪測定装置は、図 9 又は図 10 に示す体脂肪測定装置に図 14 (a) 及び／又は図 14 (b) に示す測定装置を追加した。図 14 (a) に示す測定装置は、人体 1 の外周上に人体 1 の外周長に比べて十分に距離を短くして配置された二つの電流用電極 18, 19 と、電流源 4 と、電極 18, 19 の近傍に配置した測定用電極 20, 21 と、測定用電極 20 - 21 間に発生した電圧を測定する電圧計 16 と、電圧計 16 で測定された電圧値を入力する体脂肪算出部 25 とを備え、図 6 (a) に示す測定装置に対応する。図 14 (a) に示す測定装置に代えて、図 14 (b) に示すように電極等を反対側に配置した測定装置を用いても、あるいは図 15 (a) に示す測定装置、あるいは図 15 (b) に示す測定装置を用いても良い。図 15 (a) 及び図 15 (b) に示す測定装置は、図 1 に示す測定装置に対応しており、その詳細な説明は省略する。

#### 【0052】

次に、体脂肪測定方法を説明する。まず、図 9 又は図 10 に示す測定装置において、人体 1 の外周上に人体 1 を挟んで略対向して二つの電流用電極 2, 3 を配置し、電流用電極 2 - 3 間に電流を流し、人体 1 の外周上で二つの電流用電極間

2 - 3 の略中間の位置に配置された二つの測定用電極 5 - 6 間に発生する第 1 電圧  $V$  を電圧計 7 で測定する。

【 0 0 5 3 】

次に、図 1 4 ( a ) に示す測定装置で、二つの電流用電極 1 8 - 1 9 間に電流を流し、電圧計 1 6 で二つの測定用電極 2 0 - 2 1 間の第 2 電圧  $V'$  を測定し、図 1 4 ( b ) に示す測定装置では、二つの電流用電極 1 1 a - 1 2 間に電流を流し、電圧計 1 6 で二つの測定用電極 1 4 - 1 5 a 間の第 2 電圧  $V''$  を測定し、体脂肪算出部 2 5 は、電圧計 1 6 で測定された第 2 電圧値  $V'$  と  $V''$  とを用いて電圧計 7 で測定された第 1 電圧値  $V$  を補正し、補正された電圧値に基づいて内臓脂肪 1 0 の量を算出する。

【 0 0 5 4 】

すなわち、電圧計 7 で測定された電圧値  $V$  には、人体 1 の外周近傍に存在する皮下脂肪 8 の分布や影響、特に、電極 2 と電極 3 近傍での皮下脂肪 8 の厚みの影響がわずかに含まれるが、図 1 4 ( b ) に示すように電極 2 周辺に電流を流して測定した電圧（インピーダンス） $V''$ 、及び、図 1 4 ( a ) のように電極 3 周辺に電流を流して測定した電圧（インピーダンス） $V'$  を用いてそれらの影響を除去でき、測定精度を向上できる。なお、電極 2 近傍の皮下脂肪 8 の厚みと電極 3 近傍の皮下脂肪の厚みがほぼ等しいと予めわかっている場合は、電圧  $V'$  と  $V''$  とのいずれか一方のみの電圧を用いて電圧計 7 で測定された電圧値  $V$  を補正しても良い。

【 0 0 5 5 】

また、補正の方法としては、相関式を作成する際に、図 1 2 における縦軸を  $V - a' V' - a'' V''$  として、係数  $a'$ 、 $a''$  を最適に選択してよりよい相関を得る方法、あるいは、多変量解析の手法を用いて線形多項式で近似的に相関式を作成する場合には、 $m = a_0 + a \cdot V - a' \cdot V' - a'' \cdot V''$  として、回帰係数  $a_0$ 、 $a_1$ 、 $a'$ 、 $a''$  を決定する方法がある。

【 0 0 5 6 】

また、前述の例では、図 1 4 ( a ) に示す測定装置を用いて電圧値を補正したが、図 1 4 ( a ) に代え、図 1 5 ( a ) に示す測定装置を、さらに図 1 4 ( b )



に示す測定装置に代え、図 1 5 (b) に示す測定装置を用いれば、電圧計 1 6 で測定される電圧値は、電極 1 7, 2 2 の位置が多少ずれても大きく変動しないため、電極の取付位置が多少ずれても高精度で電圧値を測定でき、これによって、内臓脂肪の量をさらに高精度に算出することができる。

## 【 0 0 5 7 】

次に、第 3 実施例を説明する。図 1 6 (a) に示す体脂肪測定装置は、人体 1 を挟んで略対向する第 1 方向 A に配置した電流用電極 2 - 3 間に電流源 4 から電流を流し、電流用電極 2 - 3 間の略中間に配置された測定用電極 5 - 6 間に発生する電圧を電圧計 7 で測定する。図 1 6 (b) に示す体脂肪測定装置は、人体 1 を挟んで略対向する第 2 方向 B に配置した電流用電極 2 - 3 間に電流源 4 から電流を流し、電流用電極 2 - 3 間の略中間に配置された測定用電極 5 - 6 間に発生する電圧を電圧計 7 で測定する。

## 【 0 0 5 8 】

このように、人体 1 を挟んで略対向する複数の方向に順次電流を流し、それぞれの方向の電流に対して測定した電圧  $V$  の複数個の組を用いて、体脂肪算出部 2 5 によって、人体 1 の内臓脂肪 1 0 を算出するので、さらに高精度に内臓脂肪 1 0 の量を測定できる。

## 【 0 0 5 9 】

このような測定法では、測定された  $n$  個の電圧値の組 ( $V_1, V_2, \dots, V_n$ ) と内臓脂肪量  $m$  との相関式を作成する。電圧値の組 ( $V_1, V_2, \dots, V_n$ ) と内臓脂肪量  $m$  との相関式の作成は、電圧  $V$  と内臓脂肪量  $m$  との相関式の作成と同様に行えばよい。多変量解析などを用いて線形多項式で近似して表す際の相関式は  $m = a_0 + a_1 \cdot V_1 + a_2 \cdot V_2 + \dots + a_n \cdot V_n$  などとなる。ここで、 $a_0, a_1, a_2 \dots a_n$  は回帰係数である。相関式が設定されれば、未知のサンプルに対して測定された電圧値の組 ( $V_1, V_2, \dots, V_n$ ) から、相関式に従って内臓脂肪 1 0 の量  $m$  を算出できる。あるいは測定された電圧値  $V_i$  ( $i = 1 \dots n$ ) に、別に測定した外周長  $U$  を乗算し、さらに該電圧測定用の電極間距離  $L_i$  ( $i = 1 \dots n$ ) で割った値の組 ( $V_1 \cdot U / L_1, V_2 \cdot U / L_2, \dots, V_n \cdot U / L_n$ ) と内臓脂肪量  $m$  との相関式を作成し、未知のサンプルに対して測定された (

$V_1 \cdot U/L_1, V_2 \cdot U/L_2, \dots V_n \cdot U/L_n$ ) の値から相関式に従って内臓脂肪 10 の量  $m$  を算出できる。

#### 【0060】

次に、第 4 実施例を説明する。図 17 に示す体脂肪測定装置を用いて、複数の方向に順次電流を流しながら人体 1 の内臓脂肪を自動的に測定する場合について説明する。人体 1 の外周上に複数の電極 43 が配置され、同時にそれらは電流電極選択用スイッチ 44 及び電圧電極選択用スイッチ 45 に接続されている。データ入力装置 40 から入力された電極選択用データをコンピュータ 42 からの指示で電流電極選択用スイッチ 44 に伝え、複数の電極 43 のうちいずれか二つを電流用電極として選択し、交流発振器 46 の出力を電圧・電流変換器 47 により変換して印加することで、電流用電極間に所定の電流を流す。

#### 【0061】

さらに、コンピュータ 42 の指示に従って電圧電極選択用スイッチ 45 により選択した測定用電極間の電圧値を差動増幅器 48 及び A/D 変換器 49 を介してコンピュータ 42 に取り込む。以上の処理を、コンピュータ 42 の指示に従って電流用電極を順次選択しながら繰り返す。コンピュータ 42 に取り込まれた電圧データは標準電流を流した時に発生する電圧値に変換された後、予めデータ入力装置 40 から入力されていた電圧と内臓脂肪の量  $m$  との相関式に当てはめられ、内臓脂肪量  $m$  が求められる。求められた内臓脂肪量  $m$  はコンピュータ 42 からデータ出力装置 41 に送られ、表示される。

#### 【0062】

電流用電極及び測定用電極の選択法としては例えば、図 9 又は図 10 に示す配置関係、図 16 (a) に示す配置関係、図 16 (b) に示す配置関係を順次選択すればよい。また、図 14 又は図 15 に示すような電圧値の補正処理を、前記複数の方向の処理に対して追加すれば、人体 1 の皮下脂肪 8 の分布や量の影響を除去できるので、さらに高精度に内臓脂肪 10 の量を測定できる。

#### 【0063】

また、第 1 乃至第 4 の実施例において、複数の周波数で測定を行って、それらの測定結果を比較することにより、測定結果の信頼性が高まる。

## 【 0 0 6 4 】

なお、本発明は、例えば、第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置と第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置とを組み合わせた装置としても実現できる。この場合、人体の皮下脂肪量及び内臓脂肪量のそれぞれを高精度に測定でき、しかも、内臓脂肪量／皮下脂肪量の比率（V／S 比）を算出できる。また、本発明は内臓脂肪量として一般の内臓脂肪のみならず肝脂肪量の推定に用いることもできる。また、被測定体として人体の腹部は勿論、大腿部や上腕等への適用も可能であり、それらの被測定部位の皮下脂肪量等を測定することができる。また、被測定体は人体に限定されることなく、豚、牛等の動物、まぐろ等の魚類であっても良く、これらの皮下脂肪量及び内部に存在する脂肪量も測定できる。

## 【 0 0 6 5 】

## 【発明の効果】

本発明によれば、インピーダンス CT 法よりも極めて簡単で且つ高精度に体内脂肪量を測定することができる。

## 【 0 0 6 6 】

また、被測定体の内臓脂肪の量や分布にほとんど影響されることなく、被測定体の皮下脂肪の厚み、断面積又は体積を簡便且つ高精度に測定できる。また、被測定体の内部に存在する内臓脂肪等の他の媒体の量や分布の影響を除去し、さらに精度良く、皮下脂肪の厚み、断面積又は体積を測定できる。

## 【 0 0 6 7 】

また、被測定体の皮下脂肪の量や分布にほとんど影響されることなく、被測定体の内臓脂肪量を簡便且つ高精度に測定できる。また、被測定体の皮下脂肪の量や分布の影響を除去し、さらに精度良く、内臓脂肪量を測定できる。また、被測定体を挟んで略対向する複数の方向に電流を順次流し、得られた電圧の複数の組を用いるので、さらに精度良く、内臓脂肪量を測定できる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図 1】

第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 1 実施例を示す構成図。

## 【図 2】

電流用電極間に電流を流したときの人体外周の電位分布を示す図。

【図 3】

皮下脂肪の厚みと電圧との相関を示す図。

【図 4】

電極間距離に対する皮下脂肪の厚みと電圧との関係を示す図。

【図 5】

第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 2 実施例を示す主要構成図。

【図 6】

第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 3 実施例を示す構成図。

【図 7】

第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 4 実施例を示す構成図。

【図 8】

人体の皮下脂肪の断面像の算出を示す図。

【図 9】

第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 1 実施例を示す構成図。

【図 1 0】

図 9 に示す第 1 実施例の他の一例を示す構成図。

【図 1 1】

電流用電極間に電流を流したときの人体外周の電位分布を示す図。

【図 1 2】

内臓脂肪量と電圧との相関を示す図。

【図 1 3】

内臓脂肪量と電極間距離及び外周長を含む電圧との相関を示す図。

【図 1 4】 第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 2 実施例を示す主要構成図。

【図 1 5】

図 1 4 に示す第 2 実施例の他の一例を示す構成図。

【図 1 6】

第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 3 実施例を示す構成図。

【図 1 7】

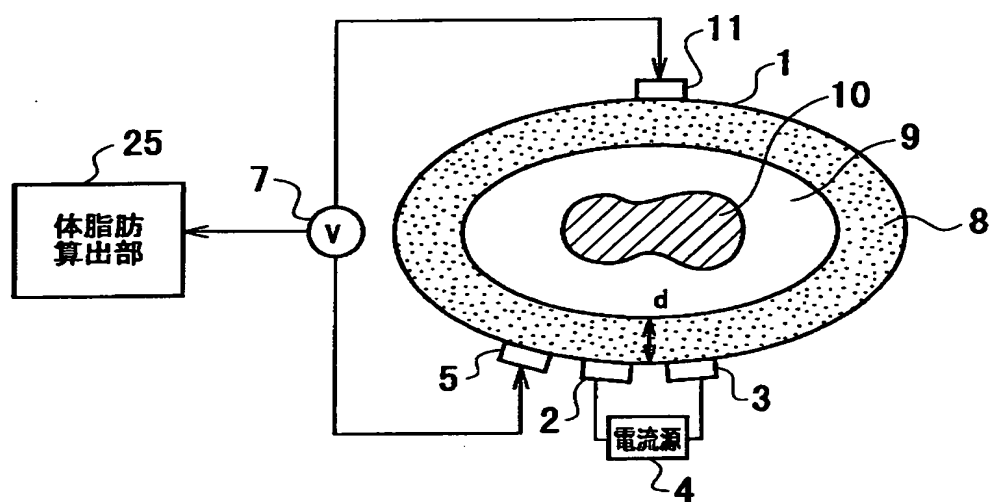
第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 4 実施例を示す構成図。

【符号の説明】

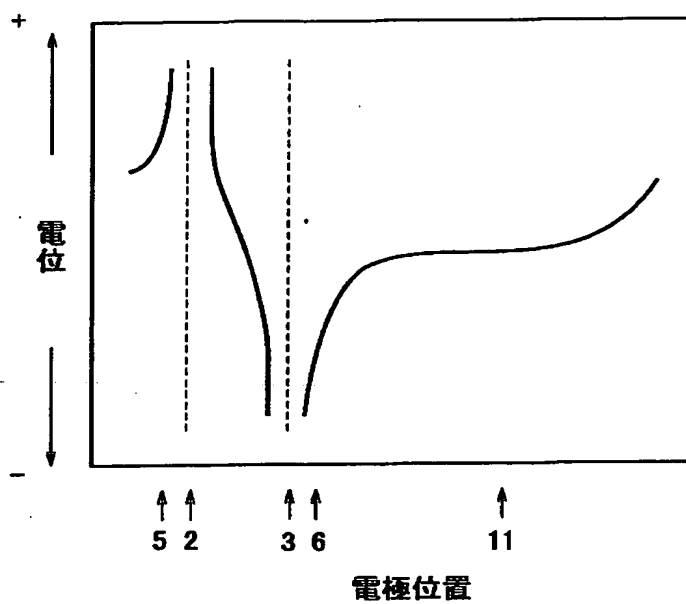
- 1 人体
- 2, 3 電流用電極
- 4 電流源
- 5, 6 測定用電極
- 7 電圧計
- 8 皮下脂肪
- 9 非脂肪
- 1 0 内臓脂肪
- 2 5 体脂肪算出部
- 2 7 電流電極選択用スイッチ
- 2 8 電圧電極選択用スイッチ
- 2 9 交流発振器
- 3 0 電圧・電流変換器
- 3 1 差動増幅器
- 3 2 A/D変換器
- 3 3 データ入力装置
- 3 4 データ出力装置
- 3 5 コンピュータ。

【書類名】 図面

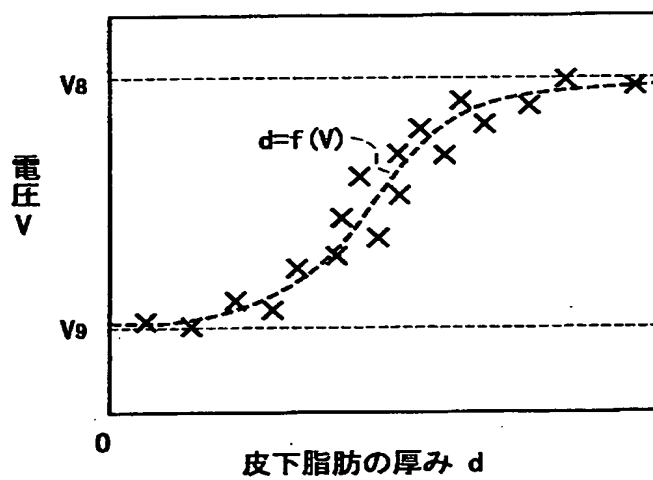
【図 1】



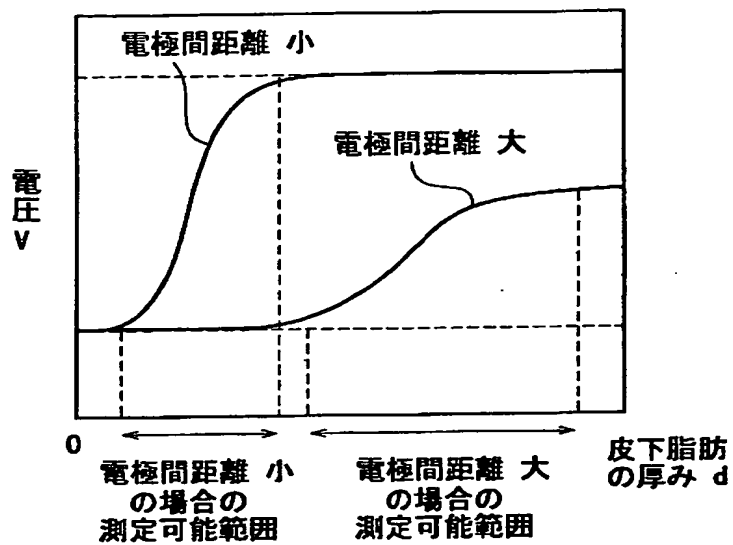
【図 2】



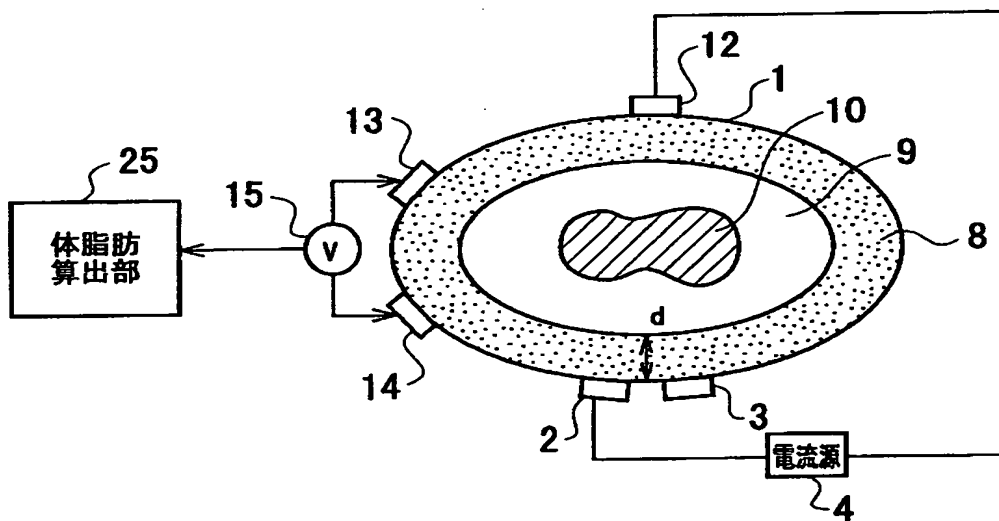
【図 3】



【図 4】

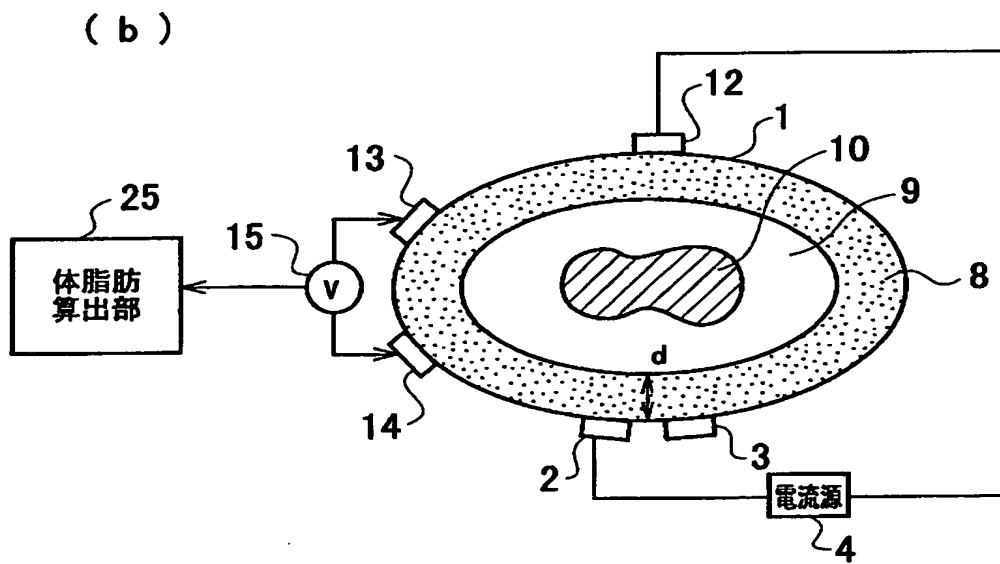
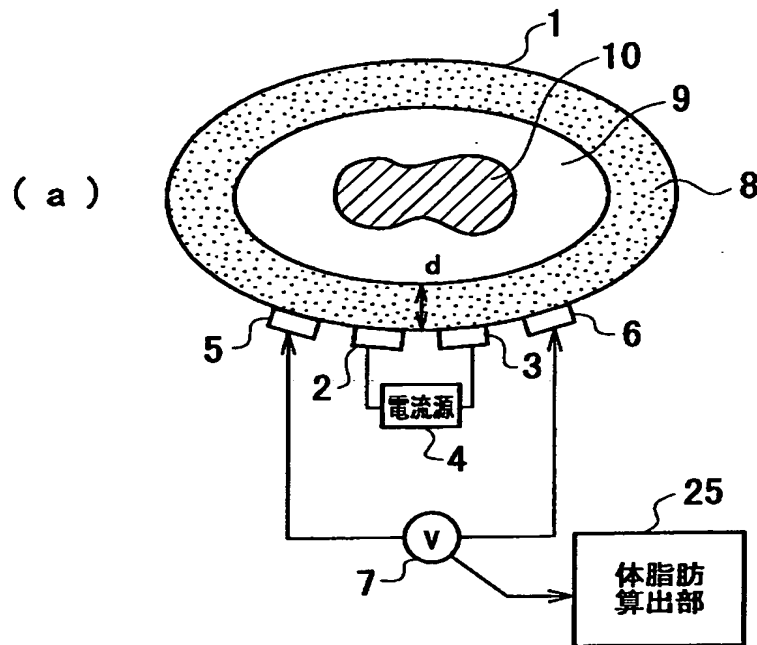


【図 5】

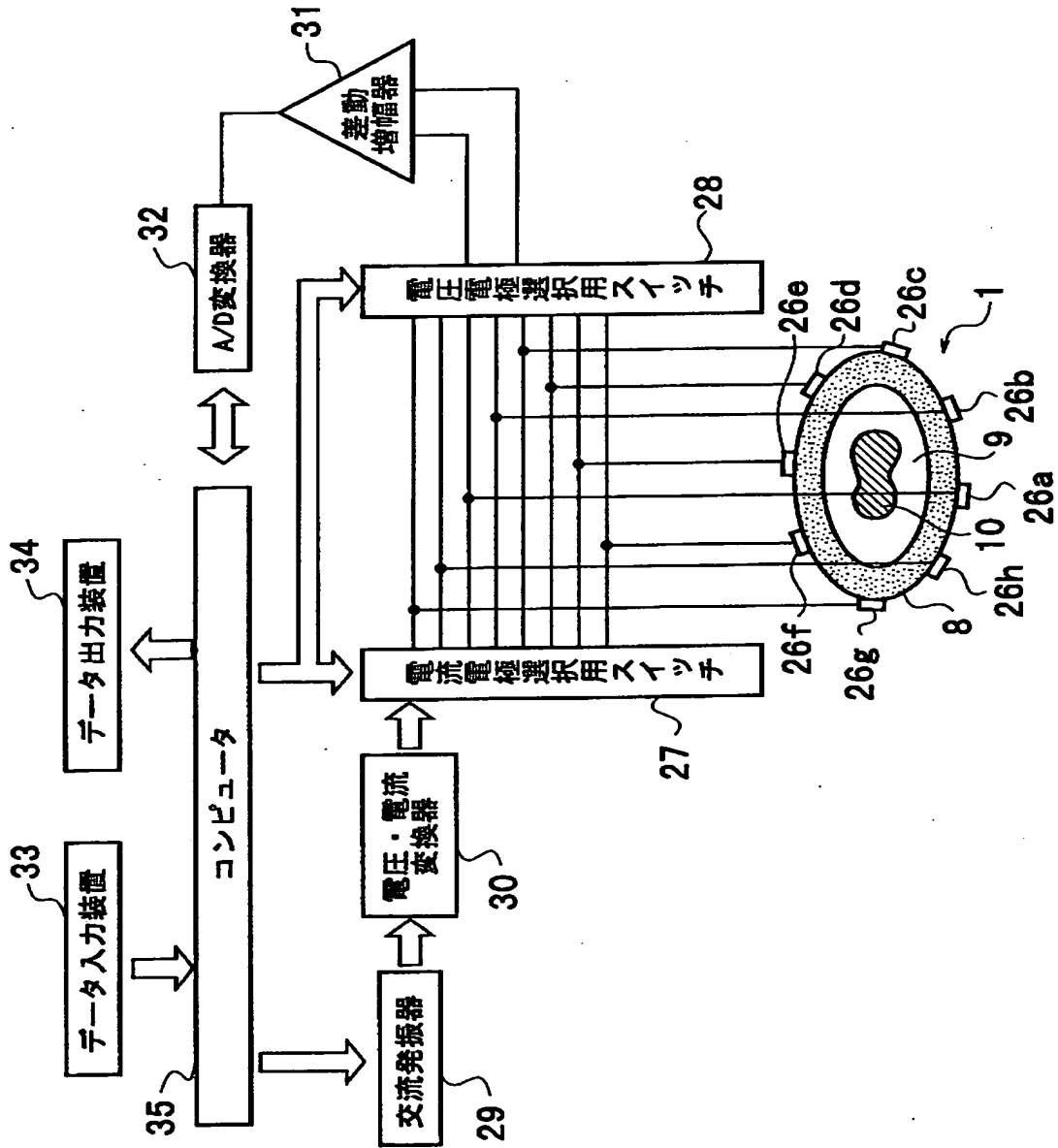




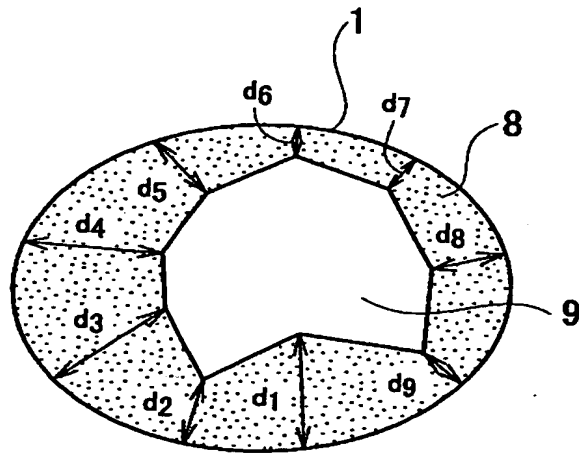
【図 6】



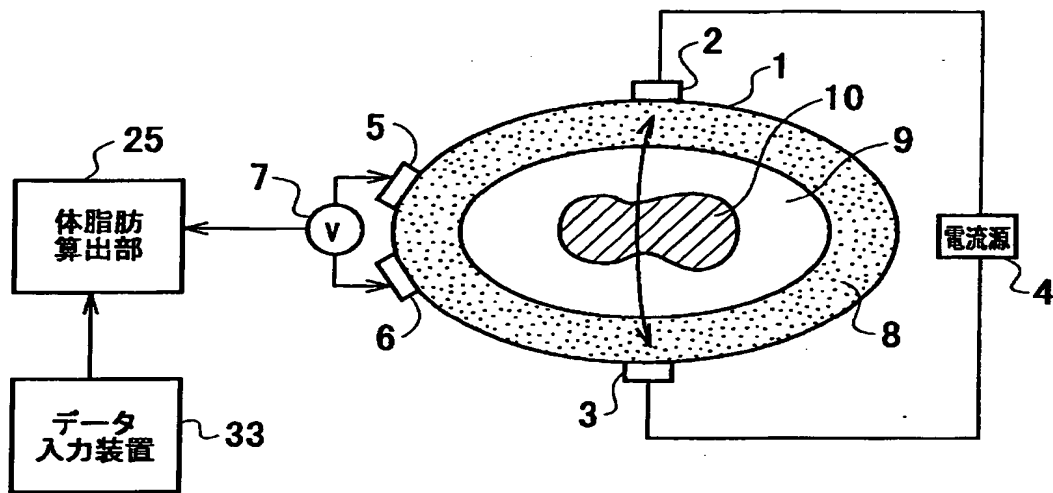
【図 7】



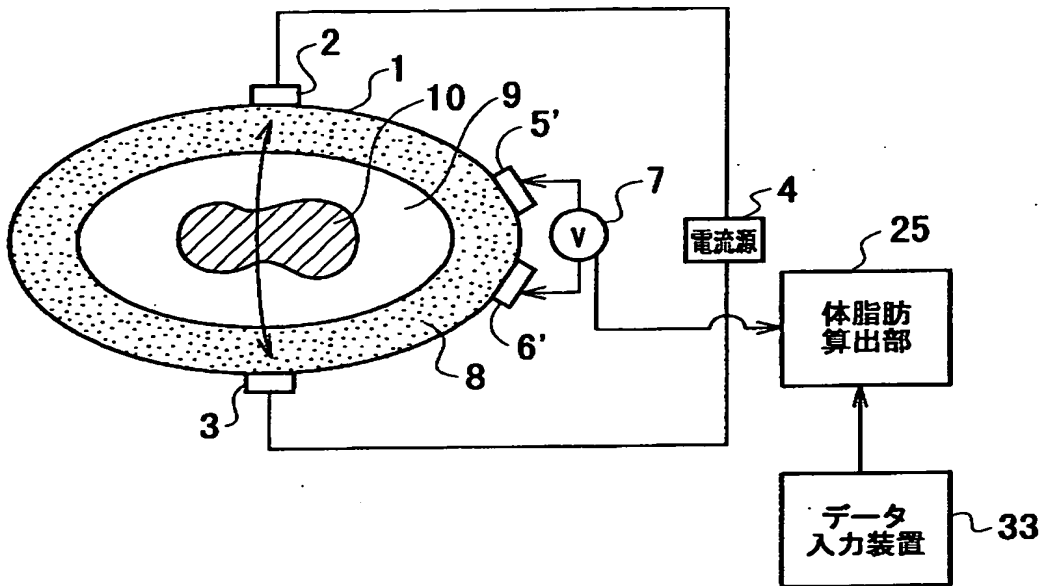
【図 8】



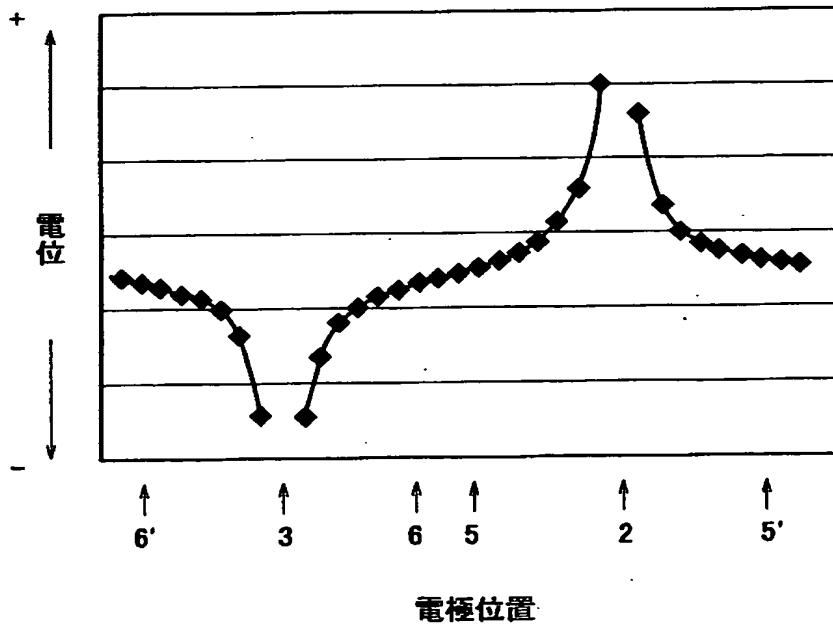
【図 9】



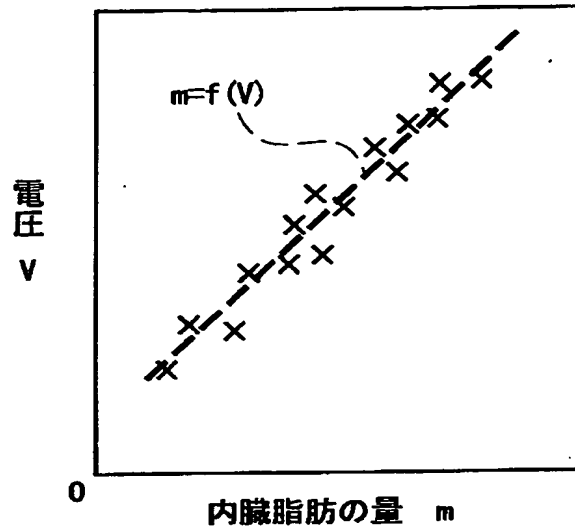
【図 1 0】



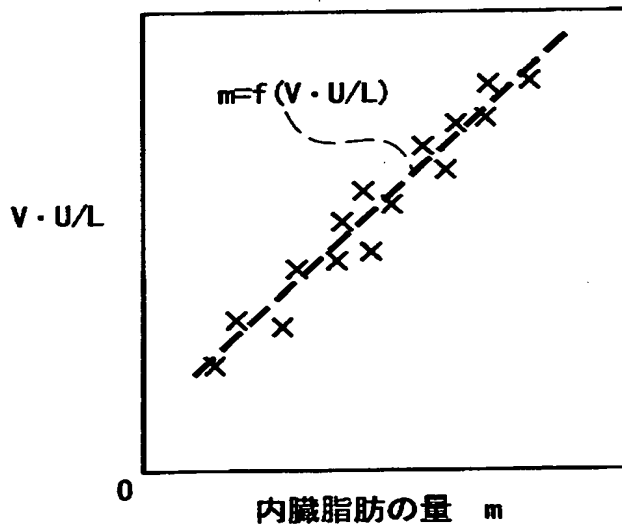
【図 1 1】



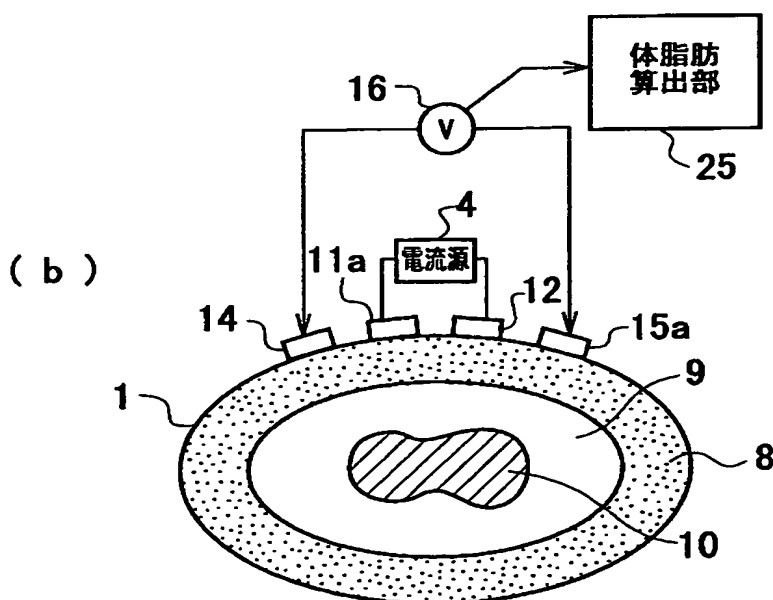
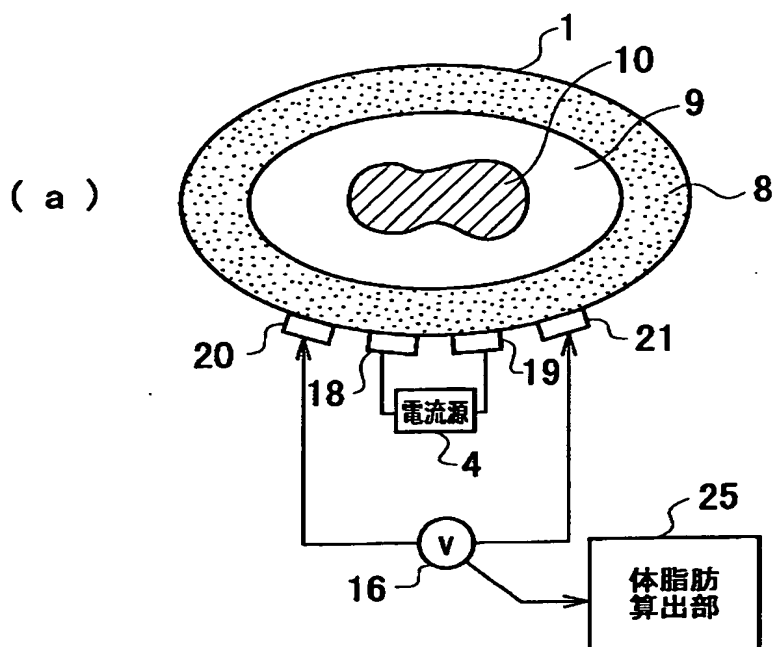
【図 1 2】



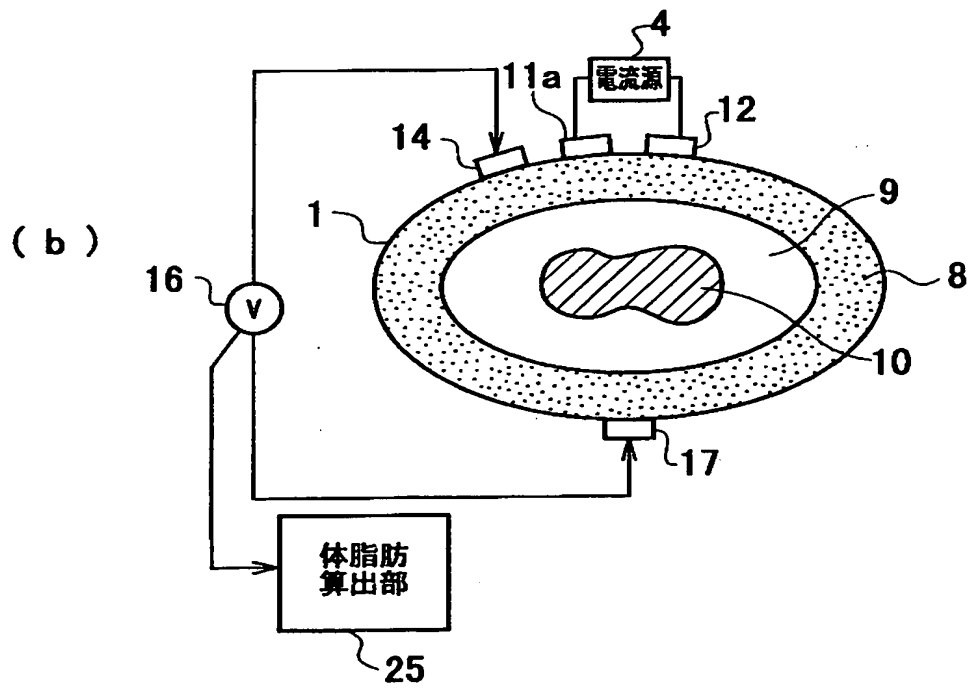
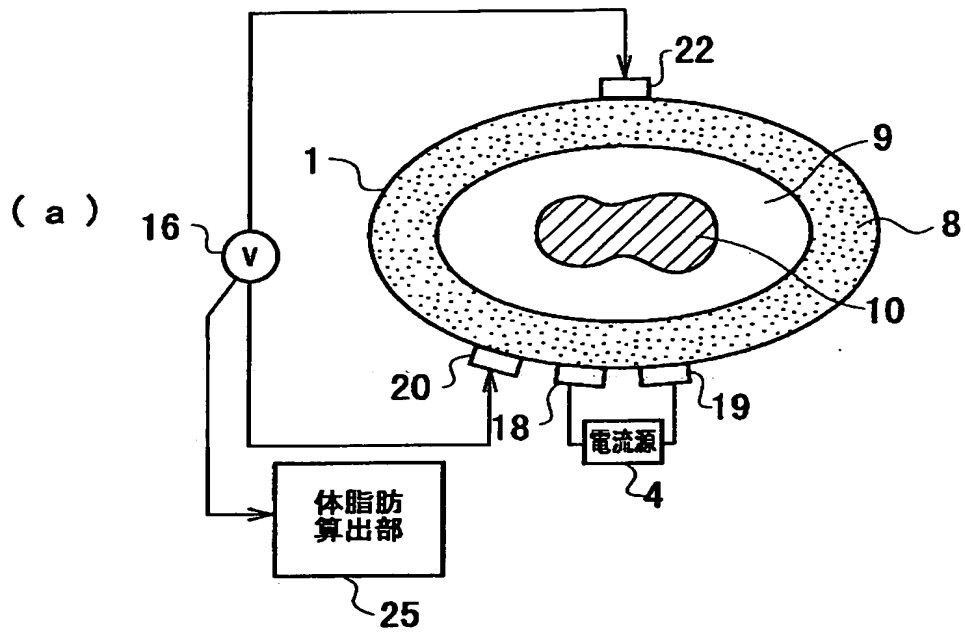
【図 1 3】



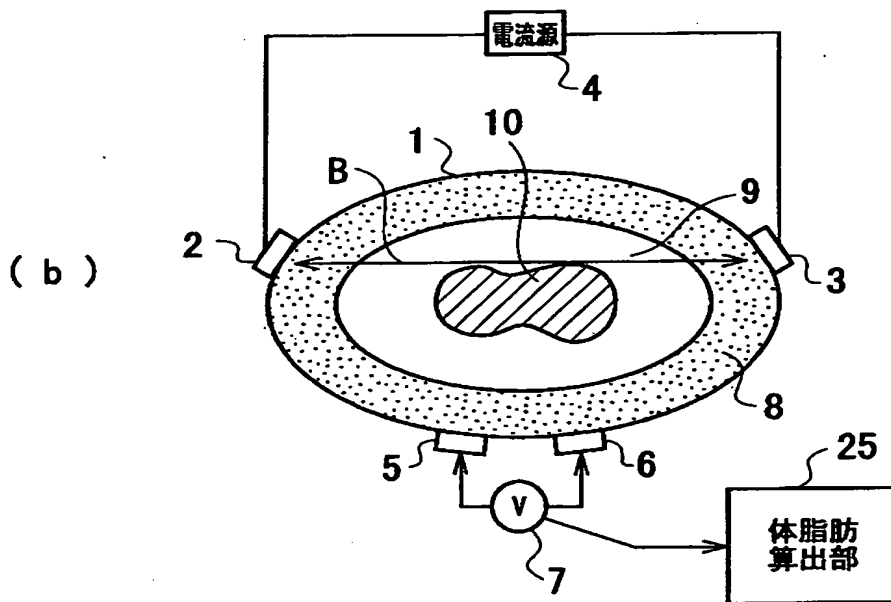
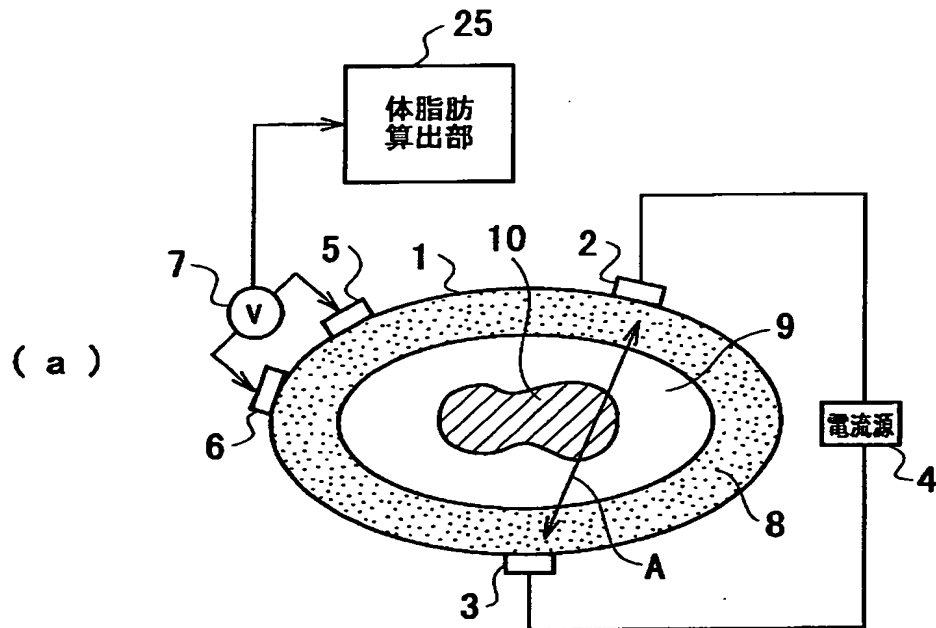
【図 1 4】



【図 1 5】

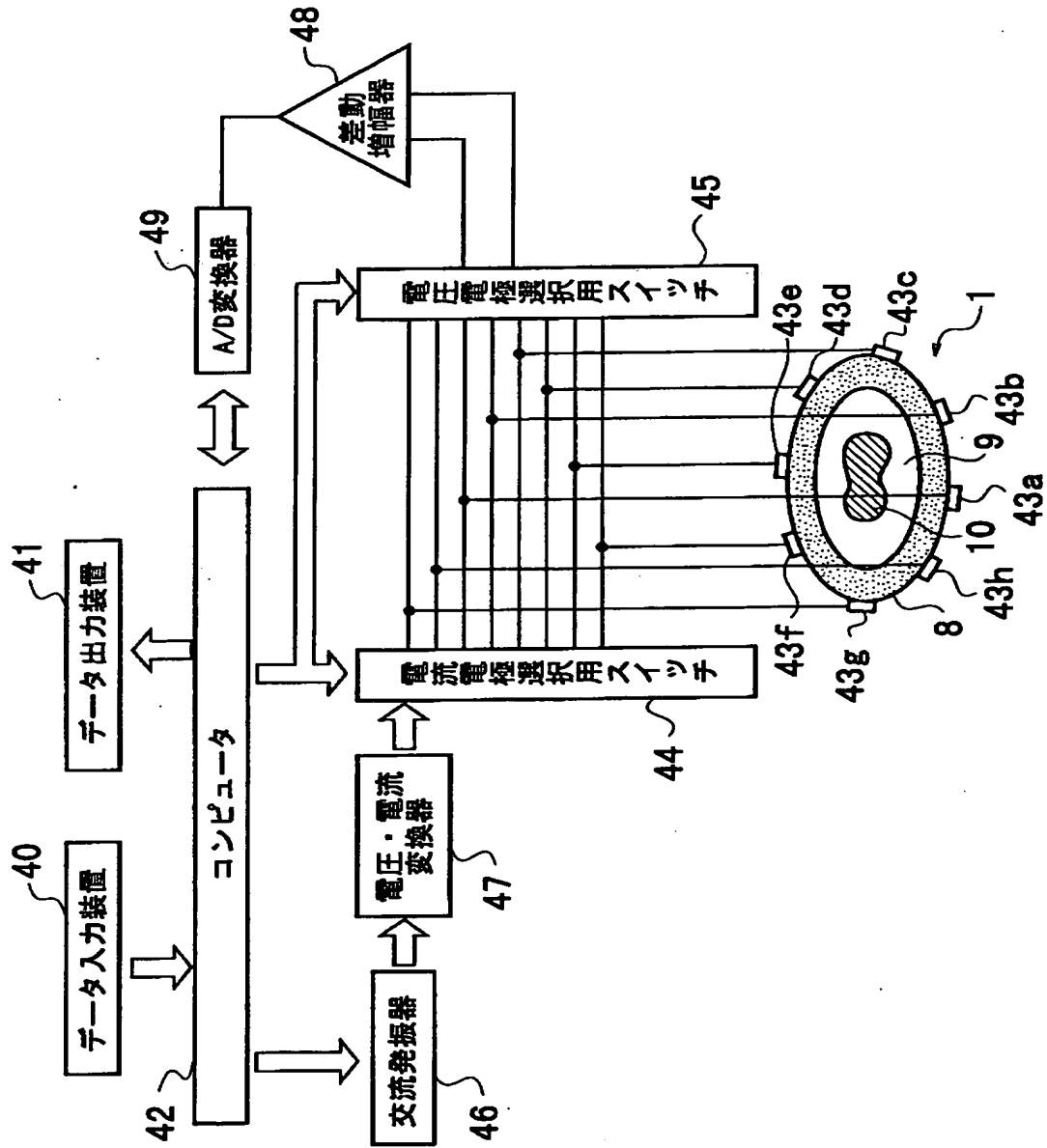


【図 1 6】





【図 1 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 人体の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪量及び人体の内部に存在する内臓脂肪量を簡便且つ高精度に測定する体脂肪測定方法及びその装置を提供する。

【解決手段】 人体 1 の外周上に人体 1 の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの電流用電極 2 - 3 間に電流源 4 を用いて電流を流し、二つの電流用電極 2, 3 の一方の電極の近傍に配置した測定用電極 5 及び人体 1 を挟んで二つの電流用電極 2, 3 と略対向する位置に配置した測定用電極 1 1 の間に発生する電圧を電圧計 7 により測定し、体脂肪算出部 2 5 は、電圧計 7 で測定された第 1 電圧に基づき人体 1 の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪 8 の二つの電流用電極 2, 3 近傍における厚みを算出する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000918]

1. 変更年月日	1990年 8月24日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都中央区日本橋茅場町1丁目14番10号
氏 名	花王株式会社

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**